

第四紀ロームの安定処理に関する地質工学的研究

著者	鎌田 正孝
号	541
発行年	1980
URL	http://hdl.handle.net/10097/11490

氏 名 ^{かま}鎌 ^た田 ^{まさ}正 ^{たか}孝

授 与 学 位 工 学 博 士

学 位 授 与 年 月 日 昭 和 56 年 3 月 5 日

学位授与の根拠法規 学位規則第 5 条第 2 項

最 終 学 歴 昭 和 32 年 3 月

東北大学理学部地学科地学第一卒業

学 位 論 文 題 目 第四紀ロームの安定処理に関する地質工学的研究

論 文 審 査 委 員 東北大学教授 南部 松夫 東北大学教授 川島 俊夫
東北大学教授 小林 良二 東北大学助教授 鈴木 舜一

論 文 内 容 要 旨

わが国土の地表は、第四紀の火山活動によってもたらされた火山灰層で広く覆われ、その量も膨大である。本層は、地表で風化作用を受けて、著しく粘土化されて、赤褐色化し、かつ多量の水分を含有する特徴を有する。これが第四紀ロームである。

ロームの最も顕著な特徴は、主成分鉱物が粘土鉱物であり、しかも、極めて多量の水分を含むことのため、一般に土構造物の材料として利用出来ないことである。

ロームは、戦後地質学および鉱物学（特に粘土鉱物学）の立場から活発に研究され、多くの業績の蓄積があるが、これらの成果が総合的に解釈されて、土構造物への利用や安定処理に応用されたことは甚だ稀である。

本論文は不良土であるロームを安定処理し、土構造物の材料に利用することを目的としたものである。安定処理に当って、著者はロームの水分の調整が最も重要と考え、まず含有水の本質を地質学、鉱物学並びに地質工学の立場から究明し、加熱脱水現象を鉱物相変化の面から捉え、かつ各種の加熱条件による脱水後のロームの地質工学的性質を明らかにし、これらの結果に基づいて新しい安定処理工法の設計施工法を確立した。

本研究は、主に関東ロームを対象として行ったが、他産地のロームを安定処理してフィルダムのコア材料に応用した結果、この場合も良好な効果が得られた。

本文は、これらの成果をまとめたものであり、全文 7 章からなる。以下各章毎にその要旨を記

す。

第1章は緒論で、本研究の目的とその背景を述べ、次にロームの安定処理に関する従来の研究とその成果を記したが、これらの方法は経済性の面でいまだ実用化されていない経緯を述べ、最後に著者の研究経過と新しい工法を確立した概要を述べた。

第2章では、わが国のロームの分布を述べると共に、大部分の研究試料を採取した関東地域のロームの地質層序、分布、鉱物組成、加熱に伴う鉱物相の変化などについて述べた。

関東ロームの層序は下位から多摩ローム層、下末吉ローム層、武蔵野ローム層および立川ローム層に区分され、各ローム層は地形的に次のように分布している。すなわち、多摩川沿岸には前記4ロームと対応する4段丘が発達し、最も古い高位の多摩段丘は最も古い多摩ローム層をのせしかもそれより新しい下末吉、武蔵野および立川の各ローム層が順次上に堆積している。

最も新しい最低位の立川段丘には立川ローム層だけが堆積している。

次にロームを顕微鏡観察、X線粉末回折、示差熱分析、加熱減量および電子顕微鏡によって検討し、各ローム層の鉱物組成を明らかにし、特に粘土鉱物について組成、形態、加熱変化などを解明し、これらとローム中の含有水分との関係を総合的に論じ、ローム安定処理の基礎を明確にした。

関東ロームの残存一次鉱物組成は紫蘇輝石、普通輝石、磁鉄鉱および斜長石がほぼ共通的に含まれ、かつ橄欖石、角閃石および石英もしばしば含まれるが、橄欖石と角閃石および石英とは共生しない。これらのことからロームをもたらした火山灰の供給源は基性ないし中性の火山活動であることを述べ、また残存一次鉱物の鉱物組成と量比が各ロームによって異なるので、ローム層序を決定する補助データになり得ることを指摘した。

X線粉末回折法で、各ローム層に含有されている粘土鉱物を検討したところ、新旧各ロームの鉱物組成と性質が明らかに異なり、古いローム程粘土化が進み、鉱物組成がローム層序の決定やロームの地質工学的性質などに大きな役割を果すことが判明した。すなわち、立川ロームはアロフェン、武蔵野ロームはアロフェンと少量の低結晶度の加水ハロイサイト、下末吉ロームは高結晶度の加水ハロイサイトと少量のアロフェン、多摩ロームは高結晶度の加水ハロイサイトと多少のハロイサイトをそれぞれ主成分とし、火山灰（主に火山ガラス）→アロフェン→加水ハロイサイト→ハロイサイトの変質過程を明らかにした。またこれらを電子顕微鏡で観察すると、アロフェンは 0.1μ オーダーの不規則な粒子の集合体からなり、低結晶度の加水ハロイサイトはアロフェンと共生して径 $0.15\sim 0.5\mu$ 程度の球状体をなし、さらに管状ないし板状の高結晶度の加水ハロイサイトを経て、管状ハロイサイトになる過程が明瞭で、粘土鉱物の変化を確認した。

さらに各ロームの示差熱分析および加熱減量試験結果、一般に新期のローム程多量の水分を含み、しかも粘土鉱物の種類によって脱水機構が異なり、また多数の中間加熱物をX線回折で追跡したところ、加熱による相変化と脱水現象の関係を明らかにすることが出来た。また上記の実験の一環として行った $100\sim 200^{\circ}\text{C}$ の加熱で、アロフェンは安定した無水の非晶質珪酸塩に、加水ハロイサイトはより安定なハロイサイトに変化することが判明し、しかも加熱産物に水を加えても原鉱物に復元しないことを確め、ロームの品質改良上の重要な基礎を確立することが出来

た。

第3章では、第2章で述べた関東ロームの地質学および粘土鉱物学的特性と地質工学的特性の関連性を三者の境界領域の問題として捉え、ロームの安定処理は熱処理による含有水分の調整が最も効果的であることを論じた。熱処理した関東ロームのコンシステンシー、締固めおよび圧密などの特性について記したが、特に締固め特性がロームの処理効果に最も重要であることを指摘した。すなわち、乾燥過程曲線では、最大乾燥密度と最適含水比との間には明瞭な関係は認められないが、加水曲線には両者の関係が認められ、同時に2つの曲線は各ローム層の地質年代、したがって鉱物組成や含有水と見事に対応することを確認した。

締固め曲線におけるロームの含有水と地質工学的諸特性を検討するため、ロームの間隙水を自由水と非自由水(土粒子の表面に吸着されている水)に分け、乾燥過程曲線の場合は自由水と非自由水が締固め特性に関係し、加水曲線の場合は新たに加えた自由水だけが関係することを指摘した。

一方、DTAとTGの両曲線から、ロームの熱的挙動を追求し、アロフェンを主とする立川ロームは加熱によってアロフェン→非晶質アルミノ珪酸塩→ムライトに変化すること、加水ハロイサイト→ハロイサイトを主とする他の武蔵野ローム、下末吉ロームおよび多摩ロームは加水ハロイサイト→ハロイサイト→非晶質アルミノ珪酸塩→ムライトの順に変化することを述べた。

また10°C/minの昇温率ではアロフェンを主とするロームは最初の吸熱ピーク(100~200°C)で自由水と一部の非自由水を放出する。また加水ハロイサイトを主とするロームは最初の吸熱ピーク(100~200°C)で自由水と一部の非自由水および層間水を失うが、両者共約700°Cまで減量が続けるので、水の存在は非常に複雑であることが理解できる。

他方、ロームを100, 150および200°Cの熱風によって、脱水現象を乾燥特性曲線で検討すると含水量の変化に伴って乾燥速度が異なることも認められた。

著者はこのような研究結果から、ロームの最も効果的な安定処理を計るためには、地質学、粘土鉱物学および地質工学上の諸特性を総合的に考慮する重要性を論じ、とくに三者の境界領域の立場からの研究の重要性を強調した。

第4章は、地質学、鉱物学、地質工学およびこれらの境界領域の諸物性を総合し、熱処理による含水量調整の諸条件を指摘し、その改良方策の基準を明らかにした。

また熱風処理装置で処理したロームは、全て相変化したものとは限らず、或程度のアロフェンと加水ハロイサイトが混在しても安定処理効果は認められた。したがって熱処理ロームや混合ロームでも含水量の低下に伴って締固めを充分行えば、その処理効果は発揮されるが、このことを締固め特性、力学的特性および透水性などの研究から明らかにした。他方、極端な含水量の低下は熱処理程度の高いロームを多く生産する必要があること、大きな締固め仕事量が必要となることなどの理由によって経済的に不利になることを指摘した。

そこで、著者は改良後の含水量を土構造物の機能、目的、安定性および経済性から検討した結果、自然含水比110~120%程度の関東ロームの場合、その調整含水比は80%以下と考え、熱処

理ロームの相変化の程度に応じて自然ロームの混合率を変え、平均含水比を調整する方法を提案した。

第5章は、乾燥に関する従来の資料を参考にして、関東ロームの乾燥過程とその機構について論じ、最も効果的な乾燥条件を明確にし、乾燥処理装置の形式と規模および熱効率に関する基礎データを提供した。

すなわち、ロームの乾燥過程は乾燥特性曲線で検討すると予熱期間、恒率乾燥期間および減率乾燥期間の3段階に区分することが可能であり、自然含水比110～120%程度のロームの恒率乾燥の含水比は50%付近であった。さらに、250°Cでロームを処理した場合、乾燥装置の蓄圧室で10分以上保持すれば相変化が認められることを明らかにし、また最も効果的な乾燥条件として関東ロームの土塊を破碎し、300°C前後の熱風で、かつ粉状や細粒状になった乾燥ロームが飛散しないように風速を調整し、しかも熱風を処理ロームに対して下側の方向から吹き込み、ロームの間隙を通過するようにし、併せて乾燥中のロームを攪拌させながら移送する方法が最良であることを見出した。

以上の結果に基づいて、実用的な乾燥処理装置の開発を行い、振動型乾燥装置および高速通気型乾燥装置を試作して、実際の乾燥工程からその性能を比較した結果、熱効率は両者共60%前後であるが、総合的には後者の乾燥装置がロームの乾燥処理に有効であることを確認し、その実用化を行った。

第6章は、熱処理による関東ロームの安定処理の実用化および応用の成果を示し、本安定処理工法の有用性について述べた。

すなわち、実用化に当っては大規模な野外試験ヤードを作って実際の施工機械による転圧と走行テストから、締固め特性や力学的特性の改良効果だけでなく、ダンプトラックのトラフィカビリティの改善も検討して、本工法が有効適切であることを実証した。

さらに本工法の応用として、熱処理した波田ロームを深谷ダムのコア材料として使用し、他方那須ロームを熱処理して大清水ダムの築堤材に使用した結果、いずれの場合も所期の改良効果を確認した。

本工法は、主として関東ロームについて実施したが、他地区のロームは勿論のこと、広くわが国の火山灰質粘性土一般に対しても適用出来ることを実証した。

第7章は、本論文の要旨を総括して結論とした。

以 上

審 査 結 果 の 要 旨

わが国土の地表に広く堆積している第四紀ロームは、粘土鉱物を主成分とし、かつ多量の水を含有しているのが特徴である。したがって、土構造物の材料としてロームを利用することは困難であり、その安定処理のための技術開発が強く要望されているが、この分野の研究が極めて少ないのが現状である。本論文は、ロームを地質学、鉱物学、地質工学およびこれらの境界領域の立場から詳細に検討して、含有水の存在状態とその脱水機構および脱水ロームの地質工学的諸特性を明らかにし、この結果に基づいて、ロームの新しい安定処理法を確立したもので、全編7章よりなる。

第1章は緒論である。

第2章では、最も代表的な関東ロームについて、地質層序、層序と地形との関係、鉱物組成、粘土鉱物の熱処理による相変化などを検討した。とくに層序と構成粘土鉱物の種類との関係、および各種の粘土鉱物の加熱による相変化と脱水機構の解明は、ロームの安定処理法の基礎をなすもので重要な知見である。

第3章では、ロームの粘土鉱物の種類と含有水の存在状態との関係、および熱処理ロームの含水量と地質工学的諸特性との関係を検討し、安定処理には熱処理による含水量の調整が最も効果的であることを明らかにした。

第4章では、熱処理によるロームの改良効果を明らかにすると共に、土構造物の機能、目的、安定性および経済性を考慮し、自然ローム、加熱処理ロームおよび両者の混合物について、含水量と地質工学的諸特性との関係の検討を行った。その結果、自然含水比110～120％程度の関東ロームの場合、調整含水比は80％以下を妥当とし、熱処理ロームの相変化の程度に応じ、自然ロームの混合率を変え、混合後の平均含水比を調整する方法を提案している。

第5章では、種々の加熱実験とこれに伴う相変化から、ロームの乾燥過程とその機構を論じて最も効果的な乾燥条件を明確にし、他方乾燥装置の基礎データを提供し、これらに基づいて高速通気型乾燥装置を試作した経緯を述べている。

第6章では、熱処理による関東ロームの安定処理の実用化および応用の成果を示し、本安定処理法の有用性を確認している。

第7章は結論である。

以上要するに、本論文は第四紀ロームの諸特性と熱処理による脱水機構を明らかにすると共に熱処理ロームの地質工学的諸性質について多くの新知見を加え、これらの結果に基づいて、新しい安定処理法を確立し、土構造物の材料としての利用の道を拓いたもので、地質工学および資源工学に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。